

**ESTIMACIÓN DE UNA FUNCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN
PARA EL SECTOR DE LA CARNE DE CERDO: UN ESTUDIO PARA
COLOMBIA EN EL PERIODO 2011-2017**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Economista

ANDRÉS FELIPE ARBELÁEZ

Asesor:

ALEXANDER TOBÓN ARIAS
PhD Ciencias Económicas

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ECONOMÍA
CALI
2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cali, 13 de junio de 2018

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo estimar una función de costos de producción para el sector de la carne de cerdo en Colombia, en el periodo comprendido entre enero 2011 y diciembre 2017. Para tal fin, se consideró la información aportada por el Fondo Nacional de la Porcicultura, en el cual se consideran 757 granjas porcícolas ubicadas en Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca. Los costos de producción tienen que ver con el alimento de engorde, el factor trabajo y costo de pie de cría de cerdo. La estimación de una función de costos de producción se lleva a cabo utilizando un modelo econométrico con rezagos. Se concluye que el costo de producción en un mes es explicado en un 96% por el costo de producción del mes anterior. Así mismo se muestra que, en el largo plazo, tanto el capital y trabajo no tienen influencia significativa en el costo medio final.

Palabras clave: sector porcícola, carne de cerdo, función de costo de producción, Fondo Nacional de la Porcicultura.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor, tutor y amigo Alexander Tobón por la paciencia.

Al señor Fredy González, Coordinador de Información de PorkColombia, por suministrarme todos los datos necesarios y explicarlos con detalle.

A Juan Esteba Vásquez, por creer en mí, empujarme y apoyarme.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES DEL SECTOR PORCÍCOLA EN COLOMBIA.....	13
1.1 OFERTA NACIONAL.....	13
1.2 APOORTE ECONÓMICO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL SECTOR PORCÍCOLA COLOMBIANO	16
1.3 CADENA PRODUCTIVA	17
2. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍA Y PROCESO PRODUCTIVO.....	20
2.1 TAMAÑOS DE EXPLOTACIÓN.....	20
2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	20
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
3.1 ESTUDIOS NACIONALES	28
3.2 ESTUDIOS INTERNACIONALES.....	28
4. PRESENTACIÓN DE DATOS Y MARCO TEORICO	33
4.1 DESCRIPCION DE DATOS	35
4.2 MARCO TEORICO	35
5. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS	38
5.1 ANÁLISIS GRÁFICO	38
5.2 ANÁLISIS DE REGESIONES.....	389
6. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXOS.....	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen estimación econométrica modelo log-log.....	39
Tabla 2. Matriz de correlaciones.	40
Tabla 3. Resumen modelo rezagado.	40

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Importaciones carne y subproductos de cerdo ton/año 2001-2016.....	15
Gráfica 2. Composicion porcentual del costo de producciòn medio unitario de cerdo en pie (kg).....	34
Gráfica 3. Evoluciòn costo medio vs precio alimento y mano de obra.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo y parámetros de la producción porcina	233

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Salida modelo (5) (log-log)	46
Anexo B. Salida modelo (5) transformado	47
Anexo C. Salida modelo (6) rezagado	48
Anexo D. Gráfico residuales modelo (5): heterocedasticidad	49
Anexo E. Gráfico residuales modelo (6): rezagado.....	50
Anexo F. Tabla de datos de costo medio unitario, precio alimento (Pa), precio mano de obra (Pl) y precio pie de cría (Ppc), con base en el primer periodo	51

INTRODUCCIÓN

La actualidad de la industria porcícola en Colombia es bastante prometedora en lo referente al crecimiento futuro del PIB, toda vez que tanto la producción como el consumo de carne de cerdo, se han duplicado en los últimos 8 años, pasando de 4.2 kg de consumo per cápita en el año 2009 a 9.25 kg en el 2017¹. Manteniendo un precio al consumidor relativamente estable, este bien se ha convertido en un excelente sustituto dentro de la canasta de proteínas de origen animal.

El desarrollo de la agroindustria pecuaria se consolida en los años ochenta del siglo XX, al establecerse granjas de gran tamaño en el país (sobre todo en Antioquia), con animales de razas importadas. Sin embargo, el sector se fortalece a partir de la liberación económica de la década de los noventa, cuando llegan a Colombia dos casas genéticas multinacionales, buscando mejorar los parámetros productivos tales como la conversión alimenticia, ganancia de peso, tamaño de camada y espesor de grasa dorsal, entre otros².

Otro elemento importante en la consolidación del sector porcícola fue la firma y entrada en vigencia del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, el cual sacó del letargo productivo a este sector, le dio acceso a nuevas tecnologías, a nuevas prácticas y a una cultura de consumo. Las campañas de fomento del Fondo Nacional de la Porcicultura (FNP) -entidad de iniciativa privada-, del Estado -a través del Ministerio de Agricultura-, han generado un cambio en los hábitos de los consumidores y en la composición de su canasta de proteína animal.

¹ FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA. Boletín Análisis de Coyuntura del Sector Porcicultor el Año 2016 y Perspectivas para 2017 [PDF]. s.f. [15 marzo 2018]. Disponible en: https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2016/Inf_Economico_2016.pdf. p. 5-6.

² SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola [PDF]. 2002. [Consultado el 15 de abril de 2018]. Disponible en: <https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/publicaciones/GUIA-AMBIENTAL-PORCICOLA.pdf>

El desarrollo de la granja comercial tecnificada como unidad de producción predominante, ha ido desplazando la producción campesina tradicional compuesta de 3 o 4 cerdos, que en su mayoría son para autoconsumo. Ahora, debido a la alta rentabilidad por conjunto de animales, así como por la estacionalidad de su demanda que se incrementa a final de año, la cadena de producción de proteína de cerdo ha ganado en integralidad, desde la fabricación de alimento balanceado para engorde hasta la distribución, encontrándose economías de escala que han puesto a la agroindustria porcina en un panorama alentador.

Sin embargo, la sostenibilidad en el tiempo del sector porcícola depende en gran medida de varios aspectos, entre ellos poder disponer de mejor información sobre su estructura temporal de costos de producción. En particular, es relevante conocer el impacto que tienen los diferentes factores de producción en la evolución del precio del cerdo en pie. Este estudio aporta información relevante al estimar las variables más determinantes en este costo producción, con el fin de identificar los insumos que más pesan en ese costo, tomando como unidad de medida el kilogramo de peso del animal en pie, para el periodo 2011 al 2017. Se espera que este estudio sirva para proponer acciones que potencialicen al sector, el cual tiene una fuerte vocación exportadora de cara al TLC con Corea del Sur y con otros países de la región, especial aquellos pertenecientes a la CAN (Comunidad Andina de Naciones)³

Dentro de los diversos estudios sobre la actividad pecuaria, el mercado de carnes juega un papel relevante. Al respecto, Galvis (2000) señala:

A nivel internacional los académicos e investigadores dedicados al tema agropecuario han realizado grandes esfuerzos para estudiar el mercado de productos cárnicos, debido a que desde la década de 1970 se ha planteado la existencia de un cambio estructural en la demanda de carnes. Se ha señalado

³ CASTAÑEDA DAZA, Néstor Enrique. Cadena Cárnica Porcina. Ministerio de Agricultura: Cifras sectoriales [Diapositivas]. Marzo, 2017. [Consultado el 10 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202017%20Marzo.pptx>

que las carnes rojas han perdido participación frente a sus sustitutos, y en algunos casos la principal explicación de este fenómeno se encuentra en el factor precio⁴.

Sin embargo, la determinación de la oferta o cantidad producida por la industria no solo depende del precio del bien cuestión, sino también del costo de los factores y la eficiente combinación de los mismos que le permitan alcanzar economías de escala, según las expectativas de demanda que se formen los productores teniendo en cuenta temas climáticos y de medio ambiente.

Bajo estas consideraciones, el propósito principal de este trabajo es estimar una función de costo para la producción de cerdo en pío, considerando granjas tecnificadas colombianas de 400 a 500 hembras en ciclo completo (granjas que tienen todo el proceso productivo desde el nacimiento del lechón hasta la venta del animal gordo), para el periodo 2011-2017, usando una metodología econométrica que permita explicar la variación del costo medio por kilogramo de cerdo en pie, de acuerdo a las variaciones del precio de los factores de producción.

Después de esta introducción el resto del trabajo se organiza como sigue: primero, se hace una descripción de la actividad porcícola en Colombia, explicando datos acerca de la producción, así como los beneficios económicos y ambientales generados por el sector. Luego haremos una descripción de la tecnología y el proceso productivo. En la tercera parte, se mostrará un recorrido por trabajos nacionales e internacionales que sirvieron de base para la elaboración del presente estudio. Posteriormente se explica la naturaleza de los datos usados para la estimación, su origen, qué es cada insumo, su precio y su aporte a la producción. En lo seguido se presenta el modelo matemático propuesto. Por último, se muestra un resumen de los datos arrojados por las estimaciones y se presentan las conclusiones.

⁴ GALVIS APONTE, Luis Armando. La demanda de carnes en Colombia: un análisis econométrico. Documentos de trabajo sobre economía regional [en línea]. Enero, 2000, no. 13. [Consultado el 18 de marzo, 2018]. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER13-Carnes.pdf>. p. 6.

1. GENERALIDADES DEL SECTOR PORCÍCOLA EN COLOMBIA

Las generalidades de la industria porcicultora en Colombia se limitan a la descripción de la oferta nacional por zonas y su evolución en los últimos años, tanto en animales sacrificados como en producción de toneladas de carne. Adicionalmente se comparten algunos aportes económicos, sociales y ambientales que tiene la agroindustria y por último se describe la cadena de producción nacional.

1.1 OFERTA NACIONAL

Para el periodo comprendido entre 2010 y 2017, la producción de carne porcina en términos de cabezas de cerdo sacrificadas pasó de 2'497.864 a 4'070.210, un incremento aproximado del 63% en solo 6 años. Este crecimiento en el número de animales sacrificados tiene su correspondencia en términos de toneladas de carne comercializada, la cual pasó de 194.585 toneladas en el 2010 a 358.789 en 2016, con un crecimiento del 84%, lo cual muestra que no solamente se ha mejorado en términos de producción de animal en pie, sino en rendimiento de canal (cada cerdo sacrificado tiene más carne)⁵.

Los departamentos de Colombia que lideran la producción pecuaria de carne de cerdo, desde el punto de vista del beneficio, son Antioquia con 45.9%, Bogotá con el 21.2%, Valle del Cauca con el 16.0% y la zona cafetera (Risaralda, Caldas y Quindío) con 8.1%.⁶ En el caso de Antioquia hay varias particularidades que le han permitido ser el departamento que más produce carne de cerdo en procesos tecnificados, entre otros, la conformación por parte del grupo Aliar, una cadena de empresarios antioqueños y santandereanos que iniciaron un gran proyecto de integración de todas la cadena alimentaria del cerdo; adecuación de suelos, manejo de cultivos de maíz y soya, planta de almacenamiento, secamiento y producción de concentrados, producción de cerdos, sacrificio, desposte,

⁵ FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA, Op. cit. p.7

⁶ Ibid, p. 3.

embutidos y redes de transporte y comercialización. La creación de la marca La Fazenda y su eslogan como “la nueva carne de cerdo”, logró posicionarse como un nuevo líder en el mercado e impulsar un crecimiento en el consumo de la mano de campañas pedagógicas, lideradas por el Ministerio de Agricultura y el Fondo Nacional de la Porcicultura. También vale la pena indicar el elemento cultural en la tradición de consumo per cápita de carne de cerdo en Antioquia, la cual triplica el promedio nacional (21 kg)⁷.

La transformación también es importante pues las mayores plantas de beneficio porcino se encuentran en Antioquia (Frigoporcinos Bello S.A.S, Central Ganadera S.A, y Antioqueña de Porcinos, entre otros), con una participación de 28,9% en cabezas sacrificadas, Bogotá (Frigorífico Guadalupe y frigorífico Ble) con 21.6% y Valle del cauca (Carnes y Derivados de Occidente) con 10.6% del total nacional. Se aclara que las cifras anteriores corresponden solo algunos de los centros de beneficio más grandes por departamento, que concentran cerca del 60% del sacrificio total nacional⁸. Esta característica de desarrollo de centros de beneficio en las mismas regiones donde se produce o cría animal en pie, es una consecuencia clara de la optimización de costos de transporte en la cadena productiva.

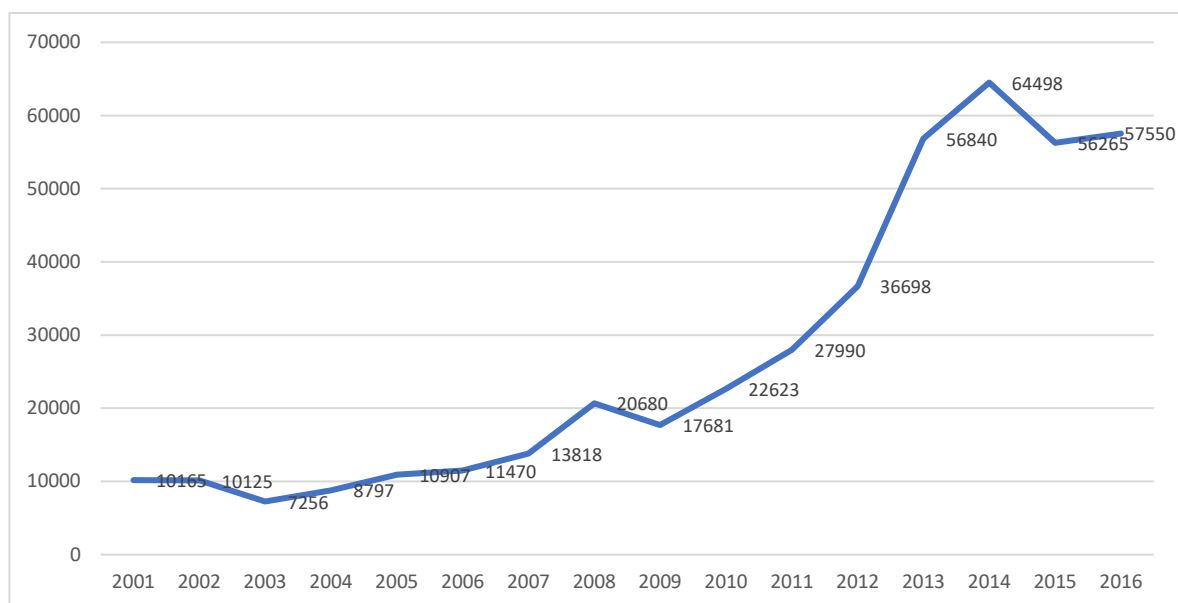
La oferta de carne de cerdo no solamente se ha incrementado por la producción nacional, sino por las importaciones, las cuales han crecido de manera sostenido desde inicios del nuevo siglo.

En la gráfica 1 podemos observar el paso de 10.165 toneladas de carne y subproducto de cerdo a inicios de siglo a 57.550 en el año 2016, con un particular crecimiento en el periodo 2013 a 2015, coincidiendo con la favorable tasa de cambio que hubo en esa época.

⁷ CASTAÑEDA DAZA, Op. cit., p. 12.

⁸ FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA, Op. cit., p. 7.

Gráfica 1. Importaciones carne y subproductos de cerdo ton/año 2001-2016.



Fuente: FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA. Boletín Análisis de Coyuntura del Sector Porcicultor el Año 2016 y Perspectivas para 2017 [PDF]. s.f. [20 de marzo 2018]. Disponible en: https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2016/Inf_Economico_2016.pdf

En la actualidad, la demanda doméstica es mayor a la oferta del sector productivo, por eso es que, aunque la importación del producto ha aumentado de una forma nunca antes vista -pasando de 10.162 ton. en el año 2001 a 57.550 ton en el 2016⁹-, la demanda ha absorbido todo el cerdo producido sin afectar los precios al productor nacional, los cuales han mantenido un alza moderada pero constante y un margen de rentabilidad al productor.

⁹ Ibid, p. 12.

1.2 APOORTE ECONÓMICO AMBIENTAL Y SOCIAL DEL SECTOR PORCÍCOLA COLOMBIANO

Dentro de las bondades de la industria porcícola sobresalen aportes en temas sociales como el empleo, los temas ambientales como el uso menos intensivo de recursos escasos como la tierra y los temas económicos como la integración de diferentes cadenas productivas alrededor de un producto final. Estos aportes se discuten a continuación:

- Por cada cien hembras de cría se generan aproximadamente 12 empleos en granjas, transporte, producción y alimento. Teniendo en cuenta que para el año 2014 existían en Colombia 15200 hembras de cría en la industria formal tecnificada, este subsector pecuario emplearía de manera directa a más de 150 mil personas.
- El sector porcícola aporta a la estabilidad alimentaria del país, pues cada día toma más fuerza en la canasta de consumo básica de proteínas de origen animal, dado su precio competitivo y su estricta regulación fitosanitaria.
- Hay un beneficio ambiental específico asociado a la recuperación de suelos y a la agricultura sostenible, debido al uso del estiércol porcino (porquinasa) como abono. Esto trae un ahorro energético al utilizar fuentes alternativas provenientes de biodigestores.
- El sector porcícola disminuye la presión sobre la frontera agrícola por intensificación indirecta de la ganadería, debido a una mayor producción de forraje por unidad de superficie, esto también debido al uso de porquinaza como abono¹⁰.
- Requiere de menos área de superficie para producir la misma cantidad de proteínas y kilocalorías, comparada con la producción de carne bovina la cual necesita áreas mucho más grandes de pastoreo.

¹⁰ SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Op. cit., p. 25.

- La especie porcina es una de las más eficientes en cuanto a conversión alimenticia, por lo tanto la relación de estiércol producido por tonelada de carne es de las más bajas en la agricultura.
- El sector porcícola es un gran biotransformador. El cerdo es animal omnívoro puede utilizar diferentes materias primas en su alimentación, esto permite utilizar subproductos regionales y locales o incluso del mismo proceso de beneficio porcino (de la industrialización de la leche, melaza del proceso panelero o palmicultor),
- El sector porcícola forma parte final de las cadenas productivas de proteínas de origen animal, lo cual dinamiza todo el sector agropecuario, desde la producción de semillas, siembras y cosechas, pasando por el transporte, hasta la transformación entendido como el sacrificio animal, desposte y comercialización.
- Genera divisas a través de la exportación de pie de cría (animales en pie) y carne despostada (cortes). También ahorra divisas al reducir la importación de fertilizantes inorgánicos pues el estiércol de la explotación es utilizado como abono orgánico.

1.3 CADENA PRODUCTIVA

La cadena productiva de la carne de cerdo y sus productos derivados tiene dos eslabones determinantes para el precio y las cantidades (toneladas de carne beneficiadas): i) el productor pecuario responsable de la producción del animal en pie y ii) el establecimiento industrial encargado de transformar la carne en alimento final (desposte, beneficio y comercialización). A su vez, la producción pecuaria se encuentra clasificada en tecnificada y no tecnificada. La primera cuenta con alimentación a base de concentrado, programas sanitarios con supervisión del ICA (Instituto Nacional Agropecuario) bajo el Conpes 3458, en el cual se plasma una política nacional de sanidad e inocuidad de la producción porcina. La segunda es

una producción artesanal, generalmente para autoconsumo, que realiza sacrificio ilegal y con alimentación no certificada¹¹.

De la misma manera, el eslabón del establecimiento industrial se compone de dos subactividades que, por lo general, realizan dos actores diferentes: a) quienes realizan la faena del animal y producen carne fresca, refrigerada o congelada y b) quienes transforman la carne en subproductos cárnicos (embutidos), piel y grasa. Los frigoríficos entonces tienen como insumo fundamental el cerdo en pie, mientras que las fábricas de productos derivados mezclan dos tipos de carne (res y cerdo).

Son varios entonces los actores de la cadena cárnica porcina tecnificada, en su orden: se inicia con los proveedores de alimento, genética, medicamentos e insumos; el sector primario (porcicultores), los frigoríficos y plantas de beneficio, la industria procesadora de embutidos, los comercializadores por diversos canales (mayoristas, superficies, mercados), el sector gastronómico (HORECA) y termina con el consumidor final¹².

Por supuesto, la oferta de cerdo en pie por parte del productor primario no es independiente de la oferta de carne de cerdo, toda vez que este segundo eslabón es la transformación del primero. En ese sentido los animales que provienen de zonas con granjas tecnificadas tienden a ser comprados por la gran industria, instituciones que manejan criterios de exclusividad y calidad en la venta al consumidor final. Por el contrario, la producción tradicional es destinada al autoconsumo, consumo rural y solo en algunos casos llega a los grandes

¹¹ ORTIZ URREGO, Erika Lucía. Efectos Sociales de la Globalización en el Sector Porcícola Bajo la Perspectiva de la Gestión Integral. En: Signos. 2010. vol. 2., no. 2. p. 109.

¹² XVII CONGRESO NACIONAL PORCIAMÉRICAS. (16 a 18 de julio , 2014: Cartagena, Colombia). Cartagena: Ministerio de agricultura y Fondo Nacional de la porcicultura, 2014. p. 4. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/006%20-%20Informes%20de%20Coyuntura/006%20-%20Inf.%20Coyuntura%20-%202014%20Julio%20-%20Sector%20Porcicola.pdf>

mercados, pero solo en periodos de alta producción y demanda, como es el caso de fin de año.

Para esta investigación, en particular, solo se estudia la producción primaria tecnificada, debido a que la fuente de información es el Fondo Nacional de la Porcicultura, al cual está afiliado el sector formal y tecnificado. El sector de embutidos es menos representativo, ya que sus productos tienen una demanda del 13% y allí se mezcla con otros subproductos de origen bovino o vegetal.

2. DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍA Y PROCESO PRODUCTIVO

En esta sección se hace una descripción de los tipos de explotación porcícola existente según su tamaño, se resumen cuales son los sistemas de producción del animal en pie por ciclo y, por último, se cuenta cómo es el proceso productivo desde la gestación hasta el animal final.

2.1 TAMAÑOS DE EXPLOTACIÓN

En Colombia, la explotación porcícola se clasifica en tres tamaños:

- **Familiares y pequeñas:** este sistema de producción generalmente se desarrolla en áreas de minifundio, como ocupación secundaria y con poca tecnificación cuyo objeto es el autoconsumo o venta ocasional. Los animales están en pastoreo o semiconfinamiento.
- **Medianas:** se practica el confinamiento y hay una mucho mayor tecnificación. Carece de orientación empresarial en algunas regiones.
- **Grandes:** son explotaciones con uso de alta tecnología, como por ejemplo sistemas automáticos de alimentación y bebederos; orientación empresarial y uso intensivo de capital, confinamiento total y enfocado en grandes actores comerciales. Están conformadas por entre 100 y 500 hembras y usan demandan concentrado balanceado de engorde como principal insumo de alimentación¹³.

2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Según el documento técnico elaborado por la SAC en compañía del Ministerio de Agricultura y la Asociación Colombiana de Porcicultores -Guía Ambiental para el Subsector Porcícola- se toman las siguientes definiciones de los sistemas de producción.

¹³ SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA). Gestión integral de la producción porcina [en línea]. s.f. [Consultado el 10 abril de 2018]. Disponible en: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/gestion_produccion_porcina/#. p.27

- **Granja de cría:** su finalidad es producir lechones para la venta desde su nacimiento hasta lograr un peso de 22 a 25 kg aproximadamente. Comprende los siguientes tipos de animales: reproductores, hembras de reemplazo, hembras en gestación hembras en lactancia, lechones lactantes y hembras vacías.
- **Granja de ceba:** maneja lechones machos y hembras para su engorde; compra los lechones salientes de la granja anterior y los engorda hasta los 90 a 110 kg. Por lo general se hace en dos etapas: levante hasta los 50 o 60 kg y ceba que va de 60 kg hasta el peso final.
- **Granja de ciclo completo:** son explotaciones que realizan las dos actividades anteriores; estas son de gran tamaño, con vocación agroindustrial, uso intensivo de la tecnología y ocupación de más área, ya que se pueden realizar en varios sitios dentro de un mismo terreno, pero con amplias distancias entre ellos. Nos centraremos en este último sistema de producción, ya que por su vocación agroindustrial es el que reporta datos al Fondo Nacional de Porcicultura, e incluye todas las normas biosanitarias vigentes.

2.3 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de producción de carne de cerdo inicia con la adquisición por parte del poricultor de animales reproductores, seleccionados especialmente de la piara o comprados en granjas genéticas con ciertas características como el tamaño, ganancia de peso, espesor de grasa etc. Su primer servicio (extracción de semen para inseminación) se da alrededor de los 7 a 8 meses y los 130 kg de peso. Posteriormente, llega el proceso de inseminación artificial con las hembras de reemplazo de la misma granja o adquiridas en granjas genéticas; estas alcanzan su madurez sexual alrededor de los 7 meses de edad con un peso de 120 a 130 kg.

Tras la inseminación, la hembra encinta se convierte inmediatamente en hembra en gestación entrando en su etapa reproductiva. Es importante señalar que el periodo de gestación dura 114-115 días (tres meses, tres semanas, tres días).

Llegado el parto, la hembra pasa a otra etapa que es la lactancia; en la cual pasa todo el tiempo con su camada amamantando hasta el destete. La duración en esta etapa se relaciona directamente con el nivel tecnológico de la granja, pues para las que este es más intensivo, el promedio de días es de 24 días y en otras con menor tecnología puede llegar hasta los 35 días¹⁴.

Los lechones nacen con 1.4 kg de peso aproximadamente y se destetan con un peso de 6.5 a 7 kg a los 24 días de edad. Durante esa etapa se da una mortalidad de entre el 5 y el 7 % de los lechones. En esta etapa las madres son llamadas hembras “vacías”, pues no están gestando ni lactando, solo se preparan para una nueva gestación, periodo que dura alrededor de 28 días (7 días de destete a celo + 21 para el nuevo ciclo de celo).

Posterior al destete, los lechones pasan a la etapa de precebo, en la cual llegan hasta los 22 a 25 kg de peso, con unas condiciones ambientales y de alimentación especiales; la mortalidad es de alrededor del 2%. Luego pasan a la etapa de levante, animales que ya tienen poco más de dos meses de edad (66 días: 24 en lactancia y 42 en precebo). En esta etapa, la alimentación juega un papel crucial pues se usan formulaciones especiales que buscan la mayor tasa de ganancia de peso, para alcanzar uno cercano a los 55 kg en un rango de 6 a 8 semanas con una mortalidad entre el 0.5 y 1%.

La etapa final de la producción pecuaria es llamada acabado, donde se busca que el animal obtenga el peso indicado para su venta en pie que es entre 95 y 107 kg, de acuerdo al mercado para su beneficio cuya duración es de alrededor de 7 semanas. La tasa de mortalidad es similar a la de la anterior etapa.

¹⁴ Ibíd., p.15

En la figura 1 se puede observar mejor el ciclo de producción de un cerdo en pie para el productor pecuario de granja tecnificada, teniendo como base unos parámetros productivos comunes en explotaciones de ciclo completo con 400 a 500 hembras.

Figura 1. Ciclo y parámetros de producción porcina



Fuente: elaboración propia con datos de SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA). Gestión integral de la producción porcina [en línea]. s.f. [12 de Abril 2018]. Disponible en: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/gestion_produccion_porcina/# y SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola [PDF]. 2002.[Consultado el 13 de abril de 2018]. Disponible en: <https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/publicaciones/GUIA-AMBIENTAL-PORCICOLA.pdf>

*Parámetros Productivos comunes en explotaciones de 500 cerdas ciclo completo

**tasa de conversión alimenticia: proporción de alimento consumido por los cerdos que se convierte en peso: consumo de alimento (gr)/días por etapa*ganancia de peso en gramos por animal.

Por último, se define entonces la granja porcícola como una unidad productiva o empresa, que tiene como objetivo generar unos beneficios económicos, para lo cual busca maximizar su función de beneficios minimizando sus costos, pues el precio se toma como dado o conocido en el mercado, incrementando la productividad, entendida como la habilidad de transformar insumos en productos (cerdo en pie), lo cual depende de su eficacia técnica (eficiente combinación de factores de producción) y la interacción adecuada con el medio ambiente

Bajo estas consideraciones, los parámetros más importantes para medir la eficiencia productiva de la granja son los siguientes¹⁵:

- Ganancia media diaria, medida en kilogramos ganados por día.
- Productividad alimentaria, medida en kilogramos de alimento balanceado vs kilogramos de carne ganada.
- Gastos vs ingresos, medida como la productividad económica desde el punto de vista contable.

En resumen, el tiempo que transcurre entre el nacimiento del lechón y su salida al mercado es entre 150 y 165 días, dependiendo de la intensidad de la tecnología en el proceso, logrando una producción de entre 2.2 y 2.5 camadas por reproductora en el año. Se corrobora entonces que la tasa de conversión alimenticia o productividad alimentaria es un parámetro principal en la producción del cerdo en pie, así como el uso del capital que, para explotaciones grandes es absolutamente determinante en una función de costo de producción.

¹⁵ Ibíd., p.41

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 ESTUDIOS NACIONALES

Parte de las investigaciones consultadas para la realización de este trabajo, fueron más allá de identificar las variables netamente económicas como el precio, la cantidad y la tecnología. También se reconocieron aportes en cuanto a la configuración del mercado primario, es decir, el tipo de granjas que predomina en el territorio nacional. Se establece las razones por las cuales se ha desarrollado más esta agroindustria en algunas regiones que en otras y se identifican los actores principales de la cadena productiva. Vale la pena tener en cuenta que en su mayoría, se encontraron trabajos sobre el mercado de la carne bovina, pues su consumo es más popular e históricamente mayor que el de carne de cerdo. Sin embargo, puesto que se trata también de proteína animal, se toman aportes necesarios para complementar este trabajo.

Dentro de la configuración general del mercado de carne de cerdo, encontramos el estudio titulado “Caracterización del mercado de cerdo en nueve municipios de Boyacá” de Diana Constanza Beltrán Hernández, Fabio Becerra Patarroyo y Blanca Yolanda López Arismendi. Este trabajo realiza un análisis estadístico descriptivo, con el propósito de establecer las características de los actores que intervienen en este mercado y analiza cada uno de los nichos que participan en la cadena, desde el productor primario (porcicultor), comercializadores y puntos de consumo¹⁶.

En esa investigación, los autores concluyen que la mayoría de las granjas se dedican al ciclo completo y se compara con la tendencia nacional. De igual manera, los autores establecen que la mayoría de granjas tiene menos de 10

¹⁶BELTRÁN HERNÁNDEZ, Diana Constanza, BECERRA PATARROYO, Fabio y LÓPEZ ARISMENDY, Blanca Yolanda. Caracterización del Mercado de Cerdo en nueve municipios de Boyacá, Colombia. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental. enero-junio, 2014. vol. 5, no. 1. p.197-212

hembras de cría y solo el 2% tenía entre 51 y 100. En tal sentido, identifican los principales productores en Boyacá, donde el uso intensivo de la tecnología logra una producción de escala, predominando granjas de ciclo completo con más de 100 cerdas reproductoras y centros de beneficio cercanos.

En el estudio titulado “Determinantes del precio al consumidor de la carne bovina en la ciudad de Medellín – Antioquía 1998-2008”, publicado en 2010 por Cardona y Montoya, se presenta un análisis del mercado de la carne de bovino para la ciudad de Medellín, buscando explicar su precio, revisando la cadena productiva y la agregación de valor desde los centros de desposte hasta la comercialización mayorista.

Este trabajo se enfoca especialmente en el eslabón de la comercialización, describe los actores que compran el animal gordo al ganadero, explica cómo lo distribuyen y plantea dos hipótesis principales: i) los altos márgenes de comercialización de la carne de res determinan el alto precio a los consumidores. ii) Los altos márgenes de transporte determinan el alto precio a los consumidores¹⁷.

Para contrastar estas hipótesis, los autores utilizan una metodología descriptiva y un modelo econométrico. Respecto a la primera, los autores concluyen que los costos directos e indirectos de la distribución desde el centro de descargue hasta los puntos de venta, tuvieron un peso de 53% seguido del precio neto canal con un 23%, 19% de rentabilidad y transporte con 1%. Respecto a la segunda, se formula un modelo lineal de una ecuación, en el cual la variable endógena es el precio de venta al público y las variables exógenas son el precio de venta en pie, el precio de venta en canal, el transporte y la rentabilidad.

El modelo supone que el precio de venta al público minorista está determinado por el valor que agrega cada uno de los eslabones de la cadena productiva; como

¹⁷ BAENA CARDONA, Leidy Johana y MONTOYA TOBÓN, Lina María. Determinantes del precio al consumidor de la carne bovina en la ciudad de Medellín Antioquia: 1998-2008. Trabajo de grado en economía. Medellín: Universidad Eafit. Escuela de Administración. 2010. p.25-32

resultado del ejercicio econométrico, los autores muestran que la variable que más contribuye a la formación del precio al consumidor es el precio del animal en pie, con un 95 % de la variación en precio al consumidor final.

En el trabajo de Cardona y Montoya también se concluye que la elasticidad ingreso de la demanda de carne de res es positiva y menor a la unidad, lo cual implica que se trata de un bien normal, necesario e inelástico al ingreso, es decir que el consumo de carne de res reacciona a los cambios en el ingreso en la misma dirección del cambio. En términos concretos, esta elasticidad fue de 0.39, lo que significa que ante aumentos en el ingreso del 1%, el consumo se ajusta al alza en 0.39%. Otro aspecto importante que se puede concluir de este trabajo es que la demanda de carne de res responde positivamente a cambios en los precios de sus sustitutos (carne de cerdo y pollo); para el caso del cerdo, frente a un incremento del 1% en su precio, la demanda de carne de res se incrementa en 0.13%.

Otra fuente de información relevante es el artículo titulado “Los ciclos ganaderos en Colombia 1950-2001”. En este estudio el autor explica el comportamiento cíclico del sector ganadero en Colombia, contrastado con el sector porcicultor, usando un modelo ARMA. En este estudio se encuentra que la producción ganadera es cíclica, en periodos comprendidos entre retención (disminuye el sacrificio de hembras) y liquidación (aumenta el sacrificio de hembras), mientras que la producción porcina es mas estable, dado que su ciclo de reproducción es mucho más corto. Este último se ve afectado por el incremento en la demanda de este tipo de carne para fin de año y en menor medida, por choques externos como el incremento en la tasa de cambio¹⁸.

¹⁸ PÉREZ VALBUENA, Gerson Javier. Los ciclos ganaderos en Colombia, 1950-2001. Documentos de trabajo sobre economía regional [PDF]. Junio, 2014, no. 46. [Consultado el 10 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-46.pdf>. p.15

3.2 ESTUDIOS INTERNACIONALES

En cuanto a la literatura internacional se destaca el libro “Comercialización de ganados y carnes”, publicado por Ignacio Iriarte. Este libro presenta un análisis detallado de todos los canales de distribución de las carnes de origen bovino y porcino, así como de sus márgenes de ganancia. Explica cómo la integración vertical en los procesos de producción y comercialización optimiza recursos, blinda la actividad de los consumos estacionales y reparte los costos asociados al pie de cría entre toda la cadena, incluyendo la de alimento concentrado¹⁹.

Otra fuente es el trabajo titulado “Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de carne de porcino en México”, publicado por Roberto García Mata, Manuel Francisco del Villas y otros. En este estudio se formula un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas. El cual pretende explicar el comportamiento del mercado interno de este tipo de carne en México, entre las décadas de 1960 y 2002. La estimación del modelo se hizo por mínimos cuadrados en dos etapas, una antes de la apertura económica -la cual comprendía la serie temporal de 1960 a 1985- y la otra de 1986 al 2001, suponiendo una economía abierta en la cual las importaciones crecieron de manera significativa²⁰.

Ese modelo está conformado por cinco ecuaciones: una de oferta de carne en toneladas como variable exógena -que es explicada por el precio al productor primario en t y retrasado un periodo-, el precio del alimento balanceado -el cual es el principal costo de producción también retrasado un periodo-, la conversión alimenticia como variable tecnológica y una variable dummy que toma el valor de 0 cuando se toman los datos de la primera serie (1960 a 1985) y 1 en la segunda serie (1986 a 2002).

¹⁹ IRIARTE, Ignacio. Comercialización de Ganados y Carnes. Argentina: Cámara Argentina de Consignatarios de Ganado, 2008. p.21-31

²⁰ GARCÍA MATA, Roberto, *et al.* Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. En: Interciencia. agosto, 2004. vol. 29, no. 8. p.10-25

Las otras ecuaciones se refieren a precios: el precio al productor primario o porcicultor como variable exógena que depende del precio al mayorista más el error; el precio al mayorista como variable exógena que depende del precio de la carne importada y, por último, el precio al consumidor que depende del precio al mayorista. Todas estas variables se toman del periodo t .

Dada la alta regulación fitosanitaria en el proceso de beneficio que existe en México, los centros de sacrificio y distribución que determinan el precio al mayoreo, tienen una estructura de mercado oligopólica, al igual que sucede en Colombia, donde mas del 50 % del beneficio se hace en 3 centros. Por tanto, el precio al consumidor se define como una función del precio al mayoreo.

Por último, en ese estudio se considera que la función de demanda de carne de cerdo para el periodo t , depende del precio al consumidor, el precio del principal sustituto (carne de res), el presupuesto de los hogares, el grado de urbanización de las ciudades y la demanda del mismo bien retrasada. Adicional a esto, aparece una igualdad que representa el saldo en comercio exterior de este bien, que es igual a la diferencia entre la demanda y la oferta. Para todo el modelo, se tiene en cuenta la hipótesis de expectativas adaptativas de Nerlove, usando la expectativa estática o simple, lo cual significa que se tiene cuenta el comportamiento de las variables según el valor observado en el periodo anterior.

Para todas las cinco ecuaciones se encontró un coeficiente de correlación superior al 0.86, con un nivel de confianza del 95%, concluyendo que uno de los factores que mas ha influido en el crecimiento de la producción porcícola es el progreso tecnológico. El alimento balanceado resultó ser el segundo responsable del crecimiento de la producción porcícola. El estudio también encuentra que el precio de importación afecta directamente los precios internos de la carne del porcino en pie, de la carne fresca y refrigerada. Por tanto, el comercio desleal ha afectado la producción local mexicana, toda vez que una balanza comercial deficitaria en este mercado golpea directamente los incentivos locales de producción. Así, los

autores recomiendan acciones de política pública que incentiven la producción local y apoyen las empresas exportadoras que promuevan la carne porcina en el exterior.

En el estudio de Carreño y Rodríguez titulado “Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México para el periodo 1980 – 2009”, se formula otro modelo econométrico, pero esta vez orientado por un análisis de oferta y demanda, por medio de ecuaciones simultáneas para el periodo 1980 a 2009²¹.

Al igual que en el trabajo de Mata y Villas²², la estimación de una función de oferta supone que los productores toman sus decisiones de producción teniendo en cuenta los precios corrientes del producto y los precios retrasados un periodo. Igualmente se tuvo en cuenta el elevado peso que tiene el alimento balanceado en los costos de producción, por tanto, los precios de este insumo fueron considerados como una variable que afecta significativamente el volumen de oferta de dicho producto. El tipo de cambio también fue otro factor relevante en la explicación de la oferta de carne de cerdo, debido al gran volumen de importaciones a partir de la década de los noventa. Para este caso en particular se usó un tipo de cambio nominal del peso mexicano frente al dólar, como una variación de los costos de importación.

Del lado de la función de demanda, se asumió el comportamiento normal del bien, el cual tiene como factores determinantes el precio del mismo, el ingreso disponible y el precio de los bienes sustitutos o complementarios. Para este caso, Carreño y Rodríguez usaron la carne de res como el sustituto.

Al igual que en el trabajo de Mata y Villa, se concluye que la oferta de carne de cerdo en canal, está mayormente influenciada tanto por el aumento del precio del alimento, como por las variaciones del precio del producto, siendo la primera una

²¹ DÍAZ CARREÑO, Miguel Ángel y RODRÍGUEZ LICEA, Gabriela. Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. En: Paradigma económico, 2 julio-diciembre 2010. vol. 2, no. 2. p.41-55

²² GARCÍA MATA, Op. cit., p.10-25

relación inversa y la segunda directa, tal cual lo predice la teoría económica. La variable precio rezagada resultó significativa con un coeficiente de 0.16, ligeramente por debajo del precio corriente 0.18, lo cual indica que un comportamiento positivo anticipado de dicha variable tiene un efecto favorable sobre la oferta en cuestión, aunque de manera moderada²³.

Por su parte, desde el lado de la demanda se encontró ésta más sensible ante cambios en los precios del mismo producto y de su sustituto (res). En el primer caso, la relación es negativa ya que un incremento en el precio de una unidad porcentual tiene un efecto negativo del 0.30% sobre la cantidad demanda. Por el contrario, un incremento del 1% en el precio de la carne de res genera un aumento en la demanda de carne de cerdo de 0.32%.

En cuanto al ingreso, llama la atención que siendo esta una variable relevante en la demanda bajo la teoría económica de los bienes normales, en esa investigación el impacto sea marginal, con una elasticidad de 0.37% pero con un coeficiente no significativo estadísticamente.

El estudio titulado “*Estimación de economías de escala en la industria de carne de cerdo en Chile*”, Ricardo Marchant en 2006, es interesante porque describe el proceso productivo de la carne de cerdo. En este trabajo se utilizó una función de producción Cobb-Douglas y el supuesto de la maximización de beneficios en una empresa en competencia imperfecta, utilizando un modelo económico que permitió estimar indirectamente los coeficientes de la función de producción subyacente. El modelo utiliza una serie temporal para el periodo 1975 a 2005, considerando las variables siguientes variables: “Py”, precio mayorista de la carne de cerdo en pesos chilenos por kilogramo; “w” índice salarial de la economía chilena para el sector industrial de esta unidad de análisis; “r” tasa de interés para colocaciones de un año y “Y”, como nivel de producción en puerto medido en toneladas. El modelo logró concluir que, entre 1975 y 2005, la industria de carne de cerdo en

²³ MARCHANT, Ricardo. Scale Economies Estimation in The Pork Meat Industry in Chile. En: Agricultura Técnica. Julio-septiembre, 2007. vol. 67, no. 3. p. 292-299.

Chile mostró rendimientos crecientes a escala, bajo el supuesto de que la tecnología predominante en la industria puede describirse bajo la función Cobb-Douglas y que las empresas maximizan beneficios²⁴.

El estudio muestra también que la elasticidad de la escala del producto se estimó en 1.298, la elasticidad costo-producción se estimó en 0.81, revelando que los factores capital y trabajo, estaban siendo utilizados en cantidades óptimas de acuerdo a la teoría de la producción y que el proceso es más intensivo en el uso del capital en comparación con el trabajo.

Una fuerte conclusión final del trabajo de Marchant, es que la producción de carne de cerdo presenta condiciones para seguir disminuyendo sus costos en comparación con otros países, por ejemplo con Estados Unidos, toda vez que el proceso productivo aún poco tecnificado daba lugar al incremento en la productividad vía acceso a tecnología.

²⁴ Ibíd., p.292-299

4. PRESENTACIÓN DE DATOS Y MARCO TEORICO

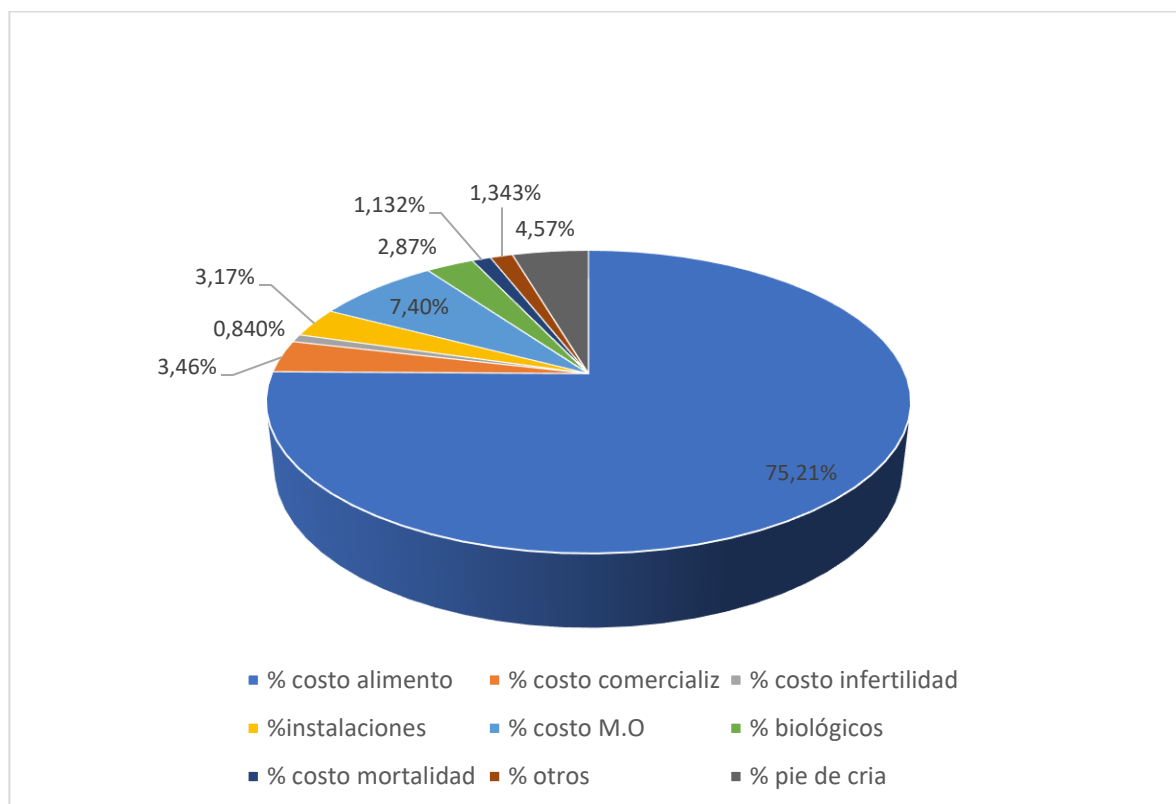
4.1 DESCRIPCIÓN DE DATOS

Para este trabajo se usó la información aportada por el Fondo Nacional de la Porcicultura (Anexo F), relacionada con 84 observaciones correspondientes al periodo comprendido entre enero 2011 y diciembre 2017, relacionadas con el costo promedio unitario por kilogramo de cerdo en pie, tomando como muestra 757 granjas porcicultoras, desagregadas por factores de producción. Estas granjas tienen en común que son altamente tecnificadas y tienen en promedio 400 a 500 madres reproductoras; están ubicadas en Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y zona cafetera. A continuación, se detallan cada uno de los factores productivos e insumos que componen dicho costo medio unitario:

- Alimento balanceado para engorde
- Costo comercialización
- Infertilidad
- Instalaciones (capital fijo)
- Mano de obra (trabajo)
- Medicamentos y biológicos
- Mortalidad
- Pie de cría
- Otros.

En la gráfico 2 se resumen el porcentaje de costo promedio de cada uno de esos rubros o factores a precios monetarios sobre el costo medio unitario por kg de cerdo en pie.

Gráfica 2. Composición porcentual del costo de producción medio unitario de cerdo en pie (kilogramos)



Fuente: Elaboración propia con datos de FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA. Boletín Análisis de Coyuntura del Sector Porcicultor el Año 2016 y Perspectivas para 2017 [PDF]. s.f. [Consultado el 20 de abril 2018]. Disponible en: https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2016/Inf_Economico_2016.pdf

Como se puede observar en el gráfico 2, los principales rubros que componen el costo medio unitario para un kilogramo de cerdo en pie se componen de tres factores de producción, a saber²⁵:

²⁵ El grafico se construyó como el precio promedio de los factores para el periodo enero 2011 a diciembre 2017 usando los valores monetarios de la serie en el anexo F

- Alimento balanceado de engorde: 75.21%
- Costo mano de obra 7.4%
- Costo pie de cría²⁶ 4.57%

Estos factores describen el 84% del costo unitario medio por kilogramos de cerdo en pie para el periodo definido a precios monetarios. Por otra parte, y como variable endógena, es decir, la que se desea explicar por medio de la función a proponer, se tiene el costo medio por kilogramo del animal en pie para el porcicultor. La fuente de este dato es también el Fondo Nacional de la Porcicultura, estimado en su ronda de precios mensual (Anexo F)

4.2 MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la teoría neoclásica de los mercados competitivos, si un productor es racional, entonces el costo marginal debe ser igual al precio relativo de los factores que intervienen en la producción de un bien²⁷. Aplicando esta regla al sector porcícola se tiene la siguiente función $C(p)$ de costos de producción:

$$C(p)=c(P_a, P_l, P_{pc}, p) \quad (1)$$

Donde:

P_a : es el precio de alimento balanceado de engorde

P_l : es el precio del factor trabajo

P_{pc} : el precio en pie de cria de cerdo

p : se refiere al producto (kg de cerdo en pie)

²⁶ Por pie de cría entendemos los animales de razas especiales que son adquiridos en casas genéticas para cruces en búsqueda de los mejores parámetros en ganancia de peso y mayor contenido magro.

²⁷ VARIAN, Hal. Microeconomía Intermedia un enfoque actual. 5ª edición. Barcelona: Antoni Bosh, 1999. p.389

Según los postulados de la teoría neoclásica, el precio de oferta por parte del productor debe ser igual al costo marginal de producir una unidad de dicho bien si el mercado es competitivo²⁸, es decir:

$$P_{kgc} = \frac{\partial C(P_a, P_l, P_{pc}, 1)}{\partial P_a} + \frac{\partial C(P_a, P_l, P_{pc}, 1)}{\partial P_l} + \frac{\partial C(P_a, P_l, P_{pc}, 1)}{\partial P_{pc}} \quad (2)$$

Donde P_{kgc} significa precio de kilogramo cerdo en pie²⁹. Así mismo, si el mercado de los factores de producción también es igualmente competitivo, la productividad marginal de cada uno de ellos igual a su respectivo precio, por tanto:

$$P_{kgc} = \sum_{i=1}^n P f_i \quad (3)$$

Donde $P f_i$ es el precio del i -ésimo factor de producción. Según (3), el precio de oferta por parte del productor para 1 kg de cerdo en pie debe ser igual a la sumatoria de los precios de los factores que se usan para la producción de dicho kg de cerdo que a su vez es igual al costo³⁰.

Teniendo en cuenta que previamente se ha hecho un análisis simple sobre el peso que tiene el precio de cada uno de los factores en el costo unitario del bien para el periodo en cuestión, solo tomaremos los insumos más representativos y se hará el contraste explicando si la variación en sus precios influye o no en el costo total. Estos insumos son: P_a (alimento balanceado de engorde), P_l (costo mano de obra (trabajo) y P_{pc} (costo pie de cría). Por tanto, en su forma estocástica, el modelo de costo asociado a la producción de 1 kg de cerdo en pie se especifica bajo el siguiente modelo econométrico:

$$P_{kc_t} = \beta_0 + \beta_1 P_{a_t} + \beta_2 P_{l_t} + \beta_3 P_{pc_t} + \mu_t \quad (4)$$

En logaritmo natural la expresión (4) sería:

²⁸ *Ibíd.*, p. 394.

²⁹ Precio kilogramo cerdo en pie se refiere a animal vivo en la puerta de la granja por kilo

³⁰ VARIAN, Op. cit., p.397

$$\text{LnPkc}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{LnPa}_t + \beta_2 \text{LnPl}_t + \beta_3 \text{LnPpc}_t + \mu_t \quad (5)$$

Con μ_t como termino de error estadístico, el cual se asocia a todas las otras variables que componen el costo pero que no son tenidas en cuenta en esta función. El modelo (5) se conoce como del tipo log-log.

La transformación en Ln en la ecuación (5) busca linealizar las variables de tal manera que los coeficientes β_i queden expresados en tasas y sea más fácil su interpretación.

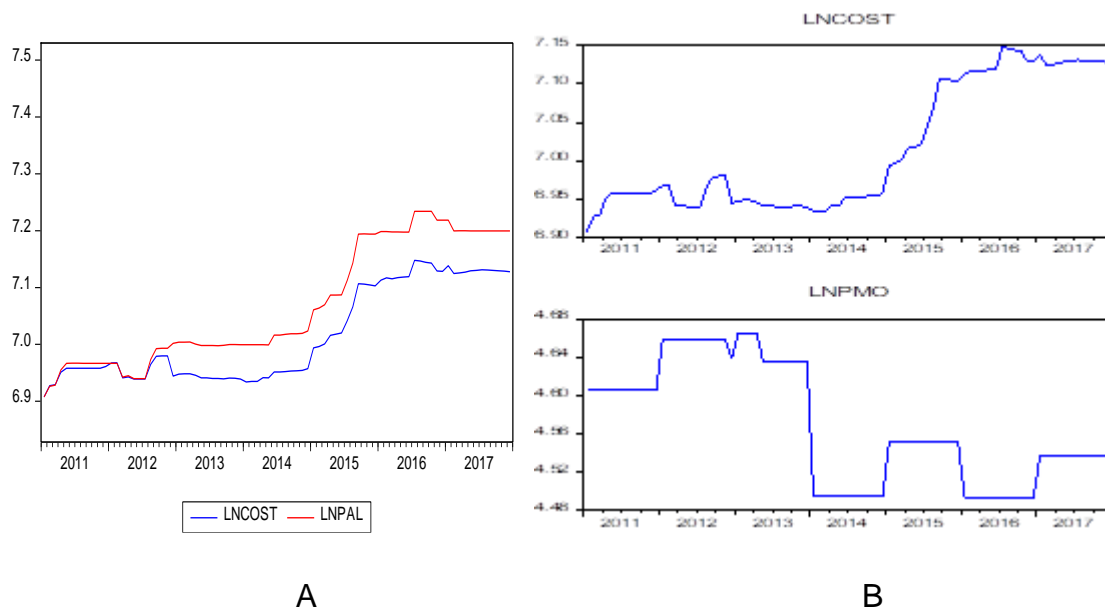
5. ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

Para la estimación de la función de costo unitario medio para un kilogramo de cerdo en pie el modelo log-log propuesto utiliza la serie del Anexo F, que corresponde a la serie de precios y costos tomando como base el periodo 1, es decir enero 2011.

5.1 ANÁLISIS GRÁFICO

Antes de pasar a la estimación econométrica y el análisis de los parámetros de los diferentes modelos estimados, se presenta un análisis gráfico de la evolución de las variables en logaritmo neperiano para el periodo de estudio.

Gráfica 3. Evolución del costo medio vs precio alimento y mano de obra



En la gráfica anterior, panel A, se puede observar que tanto el costo promedio del producto como el costo del alimento de engorde, han ido al alza en el periodo de estudio. Así mismo, en el panel B podemos observar el mismo crecimiento del costo comparado con la caída en el costo de la mano de obra. Intuitivamente, la gráfica 3 dice mucho sobre la tecnología involucrada en el proceso de producción,

para el cual cada vez se requiere menos mano de obra, dados los sistemas de alimentación y otros procesos automatizados.

5.2 ANÁLISIS DE REGRESIONES

Se realiza una estimación del modelo 5 por el método de mínimos cuadrados ordinarios, tomando como variable dependiente el precio por kilogramo de cerdo en pie sin IVA, deflactado a precios de enero de 2011 (Anexo F), usando como variables explicativas los costos medios unitario sin IVA del alimento en el mismo periodo (Pa), el precio de la mano de obra (PI) y el precio del pie de cría (Ppc)³¹.

Tabla 1: Resumen estimación modelo (5) log-log

MODELO 5 LOG LOG	Incost = c + Inpal + Inpmon + Inppc					
	β_0	β_1	β_2	β_3	D-W	T-White
β 's	0.059	0.8442	0.1485	-0,0268	0,1097	52.28
EE	0,311	0,0331	0,03934	0,0287		
T-estadístico	1,6195	25,5	3,773	-0,9553		
p-value	0,1093	0	0	0,3423		0
R-squared	0,9593					
Prob (F-statistic)	0,00001					
MODELO 5 TRANSFORMADO*	Incost= Inpal + Inpmo					
		0,8563	0,2105		0,11	47,5
EE		0,01019	0,0156			
T-estadístico		84,62	13,45			
p-value		0	0			0
R-squared	0,9584					
Prob (F-statistic)	0					

*modelo 5 transformado: teniendo en cuenta que en el modelo 5 (log-log) presentado en la tabla 1, el intercepto y el coeficiente de variable Lnppc no son estadísticamente significativos dado su valor p, se presenta el modelo 5 transformado, en el cual se eliminan estos coeficientes.

Según los valores de D-W y el test de White, de los dos modelos, estos violan los supuestos de homocedasticidad y no autocorrelación. Sin embargo, podemos ver que ambos modelos tienen un R^2 superior al 95%, es decir, muestran buen ajuste.

³¹ Para las estimaciones se usó el método de mínimos cuadrados y el método de regresión autoregresiva para corrección de autocorrelación serial de erros en el paquete estadístico E-views 10.

Tabla 2. Matriz de correlaciones modelo 5

	LNPAL	LNPMO
LNPAL	1	-0.6508681498936651
LNPMO	-0.6508681498936651	1

Como se puede observar en la matriz de correlaciones, no existe multicolinealidad perfecta entre las variables regresoras. Con el objetivo de corregir los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación de errores, proponemos el siguiente modelo rezagado:

$$Y_t = Y_{t-1} + X_t + X_{t-1} + \mu_t$$

$$\text{Lncost}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Lncost}_{t-1} + \beta_2 \text{Inpal} + \beta_3 \text{Inpal}_{t-1} + u_t \quad (6)$$

El modelo (6) muestra un modelo autorregresivo en la variable dependiente (Incost) y rezagado en la variable explicativa Inpal. Esta propuesta tiene como objetivo no solo corregir el problema de autocorrelación de errores sino evaluar y modelar el papel del tiempo en la formación del costo total y en el costo del el alimento balanceado –el principal insumo-.

La estimación de este modelo arroja los siguientes resultados.

Tabla 3: Resultados del modelo (6) rezagado

MODELO 6	Incost = Incost-1 + Inpal + Inpal-1				
	β_1	β_2	β_3	D-W	T-White
β 's	0.9697	0.8117	-0,7817	2.00	2.289
EE	0,0192	0,05132	0,0539		
T-estadístico	50.43	15.81	-14,5		
p-value	0	0	0		0,5145
R-squared	0,996				

Los valores de D-W y test de White muestran que los problemas de autocorrelación y heterocedasticidad fueron corregidos. Así mismo, el R^2 para este nuevo modelo es mucho más alto, cercano al 100%, por lo que podemos inferir

que este modelo explica mejor las variaciones en el costo total de la unidad de kilogramo en pie.

Intuitivamente podemos observar en la tabla 3 que el costo de producción de un kg de cerdo en pie en un periodo determinado está determinado en gran medida – 96%- por el costo del mismo producto en el periodo inmediatamente anterior; esto se da teniendo en cuenta la planeación a corto plazo de ciclos de reproducción de las madres, la facilidad para predecir el número de nacimientos y las variables fijas del costo como son mano de obra e instalaciones. No se puede suponer que los costos de producción varíen abruptamente de un mes a otro, pues los estándares técnicos y productivos de la operación porcícola implican una experticia en el pronóstico de número de animales que puede producir una unidad o granja.

Por otra parte, el precio del alimento mantiene su peso dentro de la cadena de producción. El 81% de la variación en el costo unitario del cerdo en pie por kg está determinado, según el modelo (6), por el costo de su principal insumo, el alimento. Así mismo, si rezagamos esta variable explicativa (pal o costo alimento) vemos que tiene una influencia negativa (-78%) en el costo medio para el periodo corriente. En este caso podemos inferir que incrementos en el costo relativo de este insumo en el periodo pasado, podría asegurar caída en el costo medio del periodo presente dado que los agentes productores actualizan sus expectativas y buscan aumentar la productividad de la granja bien sea con la adquisición de animales para pie de cría con mejor raza que tenga una tasa de conversión mayor o suprimen la alimentación balanceada por otras mezclas menos costosas pero que cumplen con el objetivo de alimentar los animales.

6. CONCLUSIONES

- El modelo que mejor explica la relación existente entre el costo de producción unitario para el sector porcícola en Colombia, en el periodo comprendido entre enero 2011 y diciembre 2017, es el modelo (6), el cual incluye dos variables rezagadas: la variable costo unitario promedio y la variable precio de alimento.

Teniendo en cuenta que la muestra de datos corresponde a una serie de tiempo de 82 meses y que el proceso productivo del cerdo es cíclico y corto (2.5 camadas promedio año), podemos decir que el costo de producción en el mes $t-1$, tiene una fuerte influencia en el costo de producción en el mes t , en un 96%. Esto quiere decir que el costo de producción “hoy” es explicado en un 96% por el costo de producción de “ayer”, o lo que es lo mismo, el costo “hoy” corresponde en 96% al costo de producción para la misma unidad del mes inmediatamente anterior.

- En el caso del alimento, principal rubro en el costo promedio por unidad de carne de cerdo, la variación en su precio representa el 80.74% de la variación en el costo promedio unitario del cerdo en pie para el periodo estudiado, con lo cual se comprueba que, dentro de toda la cadena de costo, es el concentrado de engorde el que tiene mas peso en el costo total.
- De igual manera, el precio del alimento, rezagado un periodo, tiene un coeficiente negativo de 0.776%, lo que significa que un incremento en el precio del alimento en el mes anterior, hace disminuir el costo total del kilogramo de cerdo en pie, debido a que el productor incorpora esta variación en su costo, dado el corto ciclo de reproducción del cerdo.
- En el modelo (6), el precio de la mano de obra (el costo laboral), no resulta representativo dentro de la cadena de costo medio unitario del productor pecuario.

BIBLIOGRAFÍA

BAENA CARDONA, Leidy Johana y MONTOYA TOBÓN, Lina María. Determinantes del precio al consumidor de la carne bovina en la ciudad de Medellín Antioquia: 1998-2008. Trabajo de grado en economía. Medellín: Universidad Eafit. Escuela de Administración. 2010. 49 p.

BELTRÁN HERNÁNDEZ, Diana Constanza; BECERRA PATARROYO, Fabio y LÓPEZ ARISMENDY, Blanca Yolanda. Caracterización del Mercado de Cerdo en nueve municipios de Boyacá, Colombia. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental. enero-junio, 2014. vol. 5., no. 1. p. 197-212.

CASTAÑEDA DAZA, Nestor Enrique. Cadena Cárnica Porcina. Ministerio de Agricultura: Cifras sectoriales [Diapositivas]. Marzo, 2017. [Consultado el 10 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202017%20Marzo.pptx>

DÍAZ CARREÑO, Miguel Ángel y RODRÍGUEZ LICEA, Gabriela. Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. En: Paradigma económico, 2 julio-diciembre 2010. vol. 2, no. 2. p. 41-57.

FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA. Boletín Análisis de Coyuntura del Sector Porcicultor el Año 2016 y Perspectivas para 2017 [PDF]. s.f. [Consultado el 15 de abril de 2018]. Disponible en: https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2016/Inf_Economico_2016.pdf

GALVIS APONTE, Luis Armando. La demanda de carnes en Colombia: un análisis econométrico. Documentos de trabajo sobre economía regional [PDF]. Enero, 2000, no. 13. [Consultado el 18 de abril 2018. Disponible en:

<http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER13-Carnes.pdf>

GARCÍA MATA, Roberto, *et al.* Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. En: Interciencia. agosto, 2004. vol. 29, no. 8. p. 414-420.

IRIARTE, Ignacio. Comercialización de Ganados y Carnes. Argentina: Cámara Argentina de Consignatarios de Ganado, 2008.

MARCHANT, Ricardo. Scale Economies Estimation in The Pork Meat Industry in Chile. En: Agricultura Técnica. Julio-septiembre, 2007. vol. 67, no. 3. p. 292-299.

ORTIZ URREGO, Erika Lucía. Efectos Sociales de la Globalización en el Sector Porcícola Bajo la Perspectiva de la Gestión Integral. En: Signos. 2010. vol. 2., no. 2. p. 107-115.

PÉREZ VALBUENA, Gerson Javier. Los ciclos ganaderos en Colombia, 1950-2001. Documentos de trabajo sobre economía regional [PDF]. Junio, 2014, no. 46. [10 de mayo 2018]. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-46.pdf>

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA). Gestión integral de la producción porcina [en línea]. s.f. [Consultado el 15 de abril 2018] Disponible en: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/gestion_produccion_porcina/#

SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Guía Ambiental para el Subsector Porcícola [en línea] s.f. [consultado el 04 de Mayo de 2018] Disponible en: <https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/publicaciones/GUIA-AMBIENTAL-PORCICOLA.pdf>

VARIAN, Hal. Microeconomía Intermedia un enfoque actual. 5ª edición. Barcelona: Antoni Bosh, 1999. p.363-409

XVII CONGRESO NACIONAL PORCIAMÉRICAS. (2:16 a 18 de julio, 2014: Cartagena, Colombia). Ciudad: fondo nacional de la porcicultura, ministerio de Agricultura. P 1-29<https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/006%20-%20Informes%20de%20Coyuntura/006%20-%20Inf.%20Coyuntura%20-%202014%20Julio%20-%20Sector%20Porcicola.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Salida modelo (5) log log (3 variables explicativas)

Dependent Variable: LNCOST

Method: Least Squares

Date: 06/11/18 Time: 20:40

Sample (adjusted): 2011M01 2017M11

Included observations: 83 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.505090	0.311866	1.619573	0.1093
LNPAL	0.844223	0.033106	25.50053	0.0000
LNPMO	0.148455	0.039344	3.773271	0.0003
LNPPC	-0.026817	0.028071	-0.955311	0.3423
R-squared	0.959387	Mean dependent var	7.012995	
Adjusted R-squared	0.957844	S.D. dependent var	0.082412	
S.E. of regression	0.016921	Akaike info criterion	-5.273557	
Sum squared resid	0.022619	Schwarz criterion	-5.156986	
Log likelihood	222.8526	Hannan-Quinn criter.	-5.226725	
F-statistic	622.0583	Durbin-Watson stat	0.109769	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Test de White para el modelo (5)

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	44.83513	Prob. F(3,79)	0.0000
Obs*R-squared	52.28883	Prob. Chi-Square(3)	0.0000
Scaled explained SS	24.32070	Prob. Chi-Square(3)	0.0000

Anexo B. Salida del modelo (5) log log transformado

Dependent Variable: LNCOST

Method: Least Squares

Date: 06/10/18 Time: 16:55

Sample: 2011M01 2017M12

Included observations: 84

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.490190	0.308859	1.587100	0.1164
LNPAL	0.823507	0.023006	35.79532	0.0000
LNPMO	0.154149	0.038802	3.972759	0.0002
R-squared	0.959707	Mean dependent var		7.014362
Adjusted R-squared	0.958712	S.D. dependent var		0.082866
S.E. of regression	0.016838	Akaike info criterion		-5.295295
Sum squared resid	0.022965	Schwarz criterion		-5.208480
Log likelihood	225.4024	Hannan-Quinn criter.		-5.260396
F-statistic	964.6334	Durbin-Watson stat		0.102241
Prob(F-statistic)	0.000000			

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	59.64234	Prob. F(2,81)	0.0000
Obs*R-squared	50.02836	Prob. Chi-Square(2)	0.0000
Scaled explained SS	22.01692	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Anexo C. Salida modelo (6): log log rezagado

Dependent Variable: LNCOST

Method: Least Squares

Date: 06/11/18 Time: 21:20

Sample (adjusted): 2011M02 2017M12

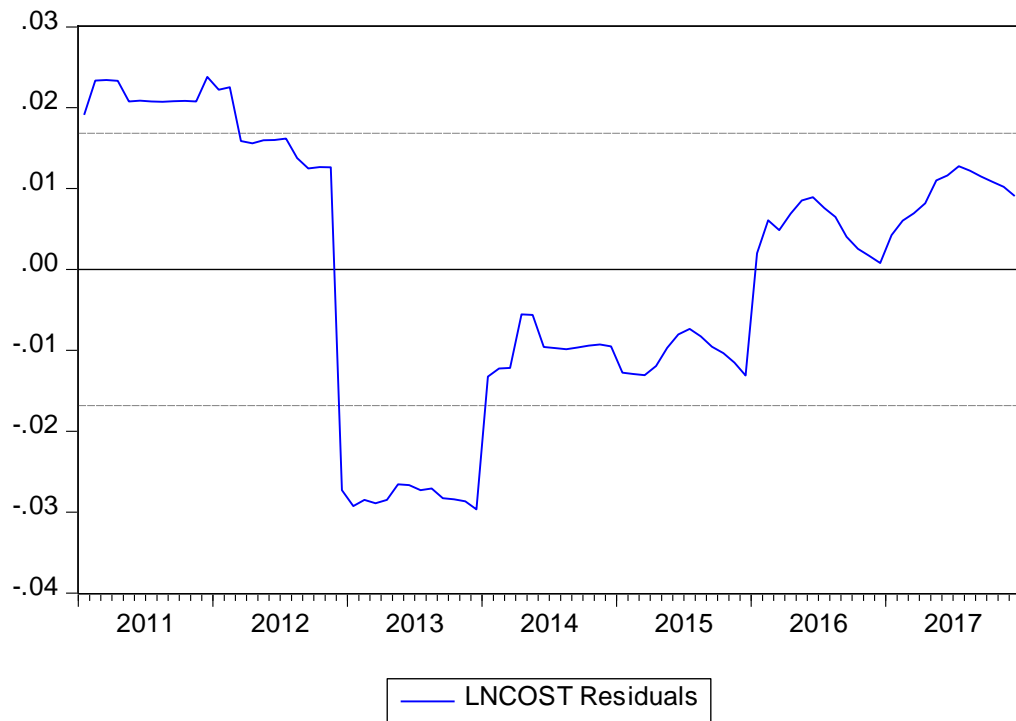
Included observations: 83 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNCOST(-1)	0.969776	0.019228	50.43534	0.0000
LNPAL	0.811755	0.051327	15.81541	0.0000
LNPAL(-1)	-0.781786	0.053909	-14.50198	0.0000
R-squared	0.996003	Mean dependent var	7.015646	
Adjusted R-squared	0.995903	S.D. dependent var	0.082525	
S.E. of regression	0.005282	Akaike info criterion	-7.613541	
Sum squared resid	0.002232	Schwarz criterion	-7.526113	
Log likelihood	318.9620	Hannan-Quinn criter.	-7.578417	
Durbin-Watson stat	2.009235			

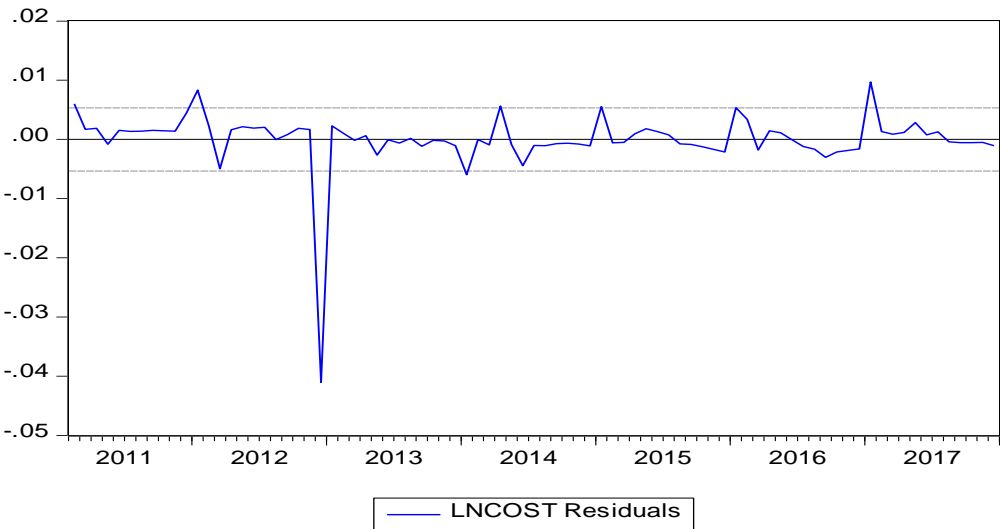
Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.747138	Prob. F(3,79)	0.5272
Obs*R-squared	2.289932	Prob. Chi-Square(3)	0.5145
Scaled explained SS	50.93079	Prob. Chi-Square(3)	0.0000

Anexo D. Gráfico de residuales modelo (5): heterocedasticidad.



Anexo E. Gráfico de residuales modelo (6) rezagado.



Anexo F. Tabla de datos de costo medio unitario, precio alimento (Pa), precio mano de obra (PI) y precio pie de cría (Ppc), con base en el primer periodo.

PRECIO ALIMENTO DEF	PRECIO MO DEFL	PRECIO PIE DE CRIA DEF	COSTO TOTAL DEF
1000,000	100,000	100,000	1000,000
1018,663	100,000	121,668	1019,684
1020,981	100,000	126,309	1021,672
1048,737	100,000	130,738	1044,358
1060,832	100,000	135,900	1051,582
1060,875	100,000	137,827	1051,719
1060,875	100,000	132,858	1051,636
1060,725	100,000	127,125	1051,456
1060,725	100,000	126,317	1051,555
1060,725	100,000	125,443	1051,565
1060,725	100,000	121,517	1051,504
1060,725	100,000	126,620	1054,681
1060,725	105,371	141,001	1061,558
1060,725	105,371	148,911	1061,868
1035,302	105,371	152,369	1033,960
1037,994	105,371	154,628	1035,886
1032,474	105,371	155,388	1031,736
1032,474	105,371	153,725	1031,788
1032,474	105,371	150,425	1031,973
1068,159	105,371	147,425	1058,676
1088,426	105,371	146,524	1073,834
1089,110	105,371	146,229	1074,564
1089,110	105,371	145,130	1074,548
1098,792	103,424	145,771	1037,068
1100,838	106,188	143,468	1040,824
1100,838	106,188	145,791	1041,636
1101,169	106,188	144,531	1041,438
1097,174	106,188	145,022	1038,747
1094,645	103,000	144,324	1033,933
1094,645	103,000	144,033	1033,832
1094,340	103,000	141,917	1032,956
1094,154	103,000	142,219	1033,003
1094,762	103,000	138,703	1032,251
1096,480	103,000	138,408	1033,414
1096,480	103,000	137,706	1033,168
1095,998	103,000	134,735	1031,766
1095,998	89,562	146,180	1026,503
1095,998	89,562	146,198	1027,533
1095,998	89,562	146,379	1027,597
1095,998	89,562	160,912	1034,425
1095,709	89,562	164,390	1034,110
1114,709	89,562	154,820	1044,701

1114,709	89,562	154,471	1044,579
1116,192	89,562	154,242	1045,572
1117,279	89,562	154,764	1046,615
1117,381	89,562	155,566	1046,970
1118,109	89,562	156,035	1047,665
1122,644	89,562	155,874	1050,913
1165,623	94,805	157,795	1089,941
1169,195	94,805	157,686	1092,508
1175,740	94,805	158,126	1097,400
1196,095	94,805	163,940	1114,278
1196,095	94,805	171,076	1116,773
1196,520	94,805	176,805	1118,965
1227,199	94,805	182,301	1143,300
1265,253	94,805	183,796	1171,337
1331,559	94,805	184,934	1220,083
1332,033	94,805	182,284	1219,500
1331,544	94,805	178,111	1217,690
1331,544	94,805	172,544	1215,743
1337,314	89,479	173,344	1227,677
1337,301	89,479	174,365	1232,672
1336,552	89,479	169,554	1230,612
1336,552	89,479	174,853	1233,124
1335,986	89,479	180,559	1234,713
1336,258	89,479	182,037	1235,426
1385,808	89,479	181,509	1271,308
1385,851	89,479	177,492	1269,935
1385,851	89,479	168,401	1266,827
1385,851	89,479	162,261	1264,981
1364,274	89,479	157,682	1247,626
1364,671	89,479	153,338	1246,823
1364,671	93,499	167,235	1259,632
1338,906	93,499	169,568	1242,237
1339,105	93,499	172,865	1243,534
1339,238	93,499	177,213	1245,150
1338,735	93,499	183,262	1248,287
1338,750	93,499	186,212	1249,105
1338,769	93,499	186,068	1250,545
1338,769	93,499	182,843	1249,824
1338,830	93,499	180,334	1248,992
1339,040	93,499	177,536	1248,328
1339,040	93,499	175,335	1247,558
1339,040	93,499	171,909	1246,116